

Siebenter Abschnitt.

## Transplantation von quergestreifter Muskulatur.

Von Rudolf Eden.

### Kapitel 1.

#### Experimentelle und klinische Beobachtungen.

Über die Frage, ob sich die quergestreifte Muskulatur zur freien Transplantation eignet, ist bis heute noch keine Einstimmigkeit der Ablehnung oder Bejahung erreicht worden. Zahlreiche experimentelle und auch einige klinische Erfahrungen zu diesem Thema liegen vor. Sie bauen auf eingehenden Untersuchungen auf, die seit Ende des 18. Jahrhunderts über die Wundheilung und Regeneration der quergestreiften Muskulatur angestellt worden sind. Auch hier ist es bisher nicht gelungen, die auseinandergehenden Anschauungen und Ergebnisse der experimentellen histologischen Forschung in Einklang zu bringen und daraus eine einheitliche objektive Lehre zu schaffen, wenn auch neuere Arbeiten manche Unklarheit beseitigt und brauchbare Richtlinien geschaffen haben (Küttner und Landois).

Es folgt daraus, wie schwierig die Deutung der Befunde der experimentellen Forschung über die Vorgänge im Muskelgewebe sein muß, und es kann uns daher nicht wundernehmen, daß die einzelnen Autoren, die sich die Ergründung der Bedingungen und Brauchbarkeit der freien Muskelverpflanzung zur Aufgabe gemacht haben, unter verschiedenen Versuchsanordnungen und unter fortschreitender Erkenntnis oft zueinander schroff gegenüberstehenden Schlußfolgerungen gekommen sind.

Die älteste Arbeit, die sich mit der Verpflanzung des Muskelgewebes beschäftigt, erschien im Jahre 1874 aus dem v. Recklinghausenschen Institut von Zielonko. Sie verfolgte noch keine praktischen Ziele, sondern schloß sich an die Versuche über Muskelregeneration an.

Zielonko verpflanzte neben anderen Geweben auch Muskelstückchen in den Lymphsack des Frosches. Er sah als Ergebnis, daß die Muskelfasern ihre Querstreifung unter Proliferation der Kerne und Auftreten von Klumpen nicht erklärter Entstehungsweise im Zwischengewebe verloren. Diese Klumpen gingen später durch Fettmetamorphose zugrunde, und endlich blieben nur leere Sarkolemmschläuche und Körnchenzellen übrig.

Ein Erhaltenbleiben des frei transplantierten Muskelgewebes oder seine Regeneration war mithin in diesen Versuchen nicht erreicht.

Praktische Ziele der freien Muskelverpflanzung verfolgten zuerst die Versuche G l u c k s (1881).

Dieser ersetzte bei Hühnern in einer Versuchsreihe fünfmarkstückgroße Defekte des Biceps femoris und Tensor fasciae latae durch entsprechende Stücke Kaninchenmuskulatur. In 3 Fällen fand sich später durch reaktive Entzündung und Eiterung das eingepflanzte Muskelstück in eine derbe fibröse Masse umgewandelt, in den 5 anderen Versuchen blieb die muskuläre Struktur deutlich erhalten, und die Faradisation veranlaßte auch Kontraktionen des eingepflanzten Muskelstückes.

In einer zweiten Versuchsreihe wurden bei 15 Hühnern die distalen zwei Drittel des Gastrocnemius entfernt und durch ein Stück des gleichen Muskels eines anderen Huhnes ersetzt. Nach 40 Tagen war das Transplantat vollständig eingehilt, hatte eine blaßrötliche Farbe und war durch indirekte Reizung vom Nervus ischiadicus aus sowohl, wie auch durch direkte zur Kontraktion zu bringen. In einigen Fällen war der Muskel zum Teil fibrös entartet, aber auch hier ließ sich durch Reizung der zentralen Partien die Muskel-funktion auslösen.

G l u c k schließt aus seinen Versuchen unter anderem, daß „Transplantationen von Muskeln und Sehnen (bei Kaninchen und Hühnern) unter antiseptischen Kautelen ausnahmslos gelingen“.

Seine Ergebnisse waren mithin überraschend günstig; sowohl die Homoplastik als auch die Heteroplastik des Muskelgewebes war mit Erfolg im Tierversuch gelungen.

Ein Versuch, ähnliche Transplantationen am Menschen auszuführen, erschien gerechtfertigt. Er wurde bereits ein Jahr später (1882) von H e l f e r i c h verwirklicht.

Zum Ersatze eines wegen einer Geschwulst entfernten Teiles des Biceps brachii wurde ein entsprechendes Stück des Biceps femoris eines Hundes eingepflanzt. Es ist hervorzuheben, daß ein Teil des proximalen sowie des distalen Bizepsabschnittes erhalten blieb, und daß ein dünner Muskelstrang an der Außenseite die Kontinuität beider aufrechterhielt. Der transplantierte Muskel heilte ein bis auf ein kleines Stück, das sich nach einigen Tagen abstieß. 3 Monate nach der Operation ergab die Prüfung der elektrischen Erregbarkeit des Musculus biceps ein durchaus normales Verhalten gegen beide Stromarten, die Funktion des Bizeps war zurückgekehrt.

So war anscheinend auch am Menschen die freie Transplantation des Muskelgewebes, und zwar die heteroplastische gelungen. H e l f e r i c h führt aber schon am Schluß seines Vortrages aus, „daß er an eine dauernde Erhaltung des Muskelgewebes und der Kontraktivität des implantierten Muskels nicht glaube“.

G l u c k s und H e l f e r i c h s Erfolge schien ein Versuch S a l v i a s (1885) zu bestätigen. Dieser konnte am Hunde ein Stück des Rectus femoris in den Defekt des entsprechenden Muskels eines anderen Hundes von 3 cm Länge und 1 cm Dicke zur Einheilung bringen und fand nach ungefähr 3 Monaten makroskopisch und mikroskopisch keinerlei Unterschied zwischen Transplantat und umgebendem Muskelgewebe.

Also auch hier ein voller Erfolg der Homoplastik — allerdings nur an einer Beobachtung!

Diese Ergebnisse konnten nicht lange unwidersprochen bleiben. Sie stimmten mit dem, was man schon damals über die Gewebsverpflanzung wußte, in keiner Weise überein. Besonders mußten die Erfolge der Heteroplastik, die schon Z i e g l e r als aussichtslos erkannt hatte, stutzig machen.

Magnus, der 1890 die Versuche Glucks einer Nachuntersuchung und Kritik unterzog und auch genaue histologische Untersuchungen anstellte, kam zu entgegengesetzten Resultaten, und zwar sowohl hinsichtlich der Homoplastik als auch der Autoplastik. Das frei transplantierte Muskelstück wurde in seinen Versuchen nekrotisch und fiel der Resorption anheim. Der Defekt aber wurde durch neue Muskelfasern ersetzt, die nicht aus dem Transplantat, sondern von den Rändern und aus dem Grunde des verletzten Muskels stammten. Die Möglichkeit eines derartigen Ersatzes des Transplantates hatte Gluck übersehen, da er nur das Endergebnis beobachtet und da er genaue histologische Untersuchungen nicht angestellt hatte. Nach 4—5 Wochen waren in den Versuchen von Magnus die Muskelfortsätze bereits von Granulationsgewebe durchsetzt, und dieses hatte sich auch schon zwischen die Trümmer der Fasern des Transplantates geschoben. Nach 2 Monaten war mikroskopisch vom transplantierten Muskelgewebe nichts mehr zu erkennen.

Magnus kommt auf Grund seiner Versuche zu den Schlüssen, daß eine Transplantation bei Muskeldefekten zwecklos sei, da das verpflanzte Muskelgewebe nicht einheilen könne und zugrunde gehe. Kleine Lücken vermöge der verletzte Muskel von selber auszufüllen. Es sei ferner zwar wohl möglich, eine größere Lücke durch einen derben Bindegewebsstrang zu überbrücken und so die Funktion wiederherzustellen. Daß man aber zur Erzielung eines solchen Stranges eine größere Muskelmasse verwende, wie es bei der praktischen Verwertung notwendig sei, halte er nicht für empfehlenswert, da das Verweilen des absterbenden Materials für die Wundheilung und durch Giftwirkung auch für den Körper nicht gleichgültig sein könne.

Zu gleich schroff ablehnendem Standpunkt gegenüber den Ansichten Glucks kommt auf Grund seiner Versuche auch R. Volkmann (1893). Er experimentierte an Kaninchen und Hunden, ähnlich wie Magnus, und studierte vor allem die Autoplastik. Jedes herausgeschnittene Muskelstück wurde, gleichviel, ob es wieder an seine Stelle gesetzt oder in einen anderen Muskeldefekt implantiert wurde, unbedingt sofort nekrotisch. „Transplantierte Muskelstücke bleiben niemals lebensfähig, sondern sterben ausnahmslos sofort ab und werden später resorbiert. An ihre Stelle tritt eine Narbe, die wie jede andere Muskelnarbe partielle Muskularisation zeigt.“

Zu denselben Ergebnissen wie Magnus und Volkmann gelangte 1900 auf Grund zahlreicher Versuche auch Capurro. Dieser betonte auch zuerst den grundlegenden Unterschied zwischen der freien Überpflanzung und derjenigen mit gestielten Lappen, die inzwischen von Rydygier erprobt (1898) und unabhängig von ihm zugleich auch von Motais ausgeführt war, und die sich inzwischen im Gegensatz zu jener experimentell und klinisch in zahlreichen Fällen bewährt hat und zu den allgemein anerkannten Methoden unseres chirurgischen Könnens gehört.

Capurro kommt zu dem Schluß, daß die freie Einpflanzung querstreifter Muskellappen, sei es auf Tiere derselben Gattung, sei es auf Tiere verschiedener Gattung beständig negative Resultate gibt. Die Zerstörung des Gewebes erfolgt meist schnell durch ischämische Nekrose, manchmal auch schrittweise unter dem Bilde der fibrösen Metamorphose.

Caminiti, der 1908 20 Versuche mit freier Muskeltransplantation an Hunden ausgeführt hatte, sah zwar in 11 Fällen Wiederkehr der Muskel-

funktion, aber der traumatische Verlust des Muskels wurde immer durch Bindegewebe ausgeglichen.

Ganz ähnliche Versuche wie Capurro ließen 1910 v. Mutach zu denselben Schlußfolgerungen kommen. Auch ihm gelang die freie auto- und homoplastische Muskelverpflanzung im Tierversuch nicht. „Die Resultate waren alle gleich kläglich in dem Sinne, daß die Implantationsstelle durch Narbengewebe ohne jede Spur von erhaltenen Muskelfasern eingenommen wurde.“ Der Ersatz des entfernten Muskelgewebes war bei ihm, da die Versuche mit größeren Lappen ausgeführt wurden, nicht so beträchtlich, wie ihn Magnus gefunden hatte. Auch diese Versuche sind sorgfältig histologisch untersucht und erstrecken sich über eine längere Beobachtungszeit.

So schien auf Grund zahlreicher, einwandfrei beobachteter und histologisch nachuntersuchter Versuchsreihen die Frage der Brauchbarkeit der freien Muskelverpflanzung geklärt zu sein. Das aus seinem Zusammenhang gänzlich gelöste Muskelstück ging zugrunde, weder die Homoplastik noch auch die Autoplastik bot Aussicht auf Erfolg. Es war daher kein Wunder, daß die Operateure den scheinbaren Erfolgen Glücks und Helferichs skeptisch gegenüberstanden, und daß weitere Versuche am Menschen zunächst nicht mehr unternommen wurden.

Inzwischen aber waren neue Versuche über Muskelregeneration angestellt und auch neue Gesichtspunkte aufgestellt worden. Man hatte erkannt, daß zur Einheilung und Erhaltung eines transplantierten Gewebes, wie es das Muskelgewebe darstellt, neben günstigen Ernährungsbedingungen auch Weiterbestehen des Nerveneinflusses und funktionelle Inanspruchnahme gehört (Roux, Marchand). Auch Capurro hatte in seinen Versuchen gesehen, daß gestielte Muskellappen, die schlaff eingenäht wurden, ein ungleich schlechteres Resultat ergaben als solche, die sofort eine Spannung erhielten. Jene erwiesen sich später größtenteils als degeneriert. Diese Erkenntnisse suchte man für die freie Muskelverpflanzung auszunutzen. Ferner schien aus weiteren Versuchen hervorzugehen, daß das frei verpflanzte Muskelgewebe zwar zum Teil zerfiel, daß aber auch regenerative Vorgänge sich abspielten, die ein Wiedererstehen von Muskulatur aus dem Transplantat unter gewissen Bedingungen erhoffen ließen.

Ribbert (1898) verpflanzte neben vielen anderen Gewebsarten auch feine Muskelstückchen in Lymphdrüsen. Soweit bei ihnen nicht von vornherein ein Untergang in Gestalt einer Umwandlung in hyaline, der Resorption anheimfallende Schollen eintrat, zeigten sie Rückbildung. Zugleich aber trat eine Vermehrung der Kerne ein, die sich reihenweise anordneten und dadurch eine große Ähnlichkeit mit dem embryonalen Verhalten des Gewebes herbeiführten.

Diese Rückbildung der transplantierten Stückchen auf eine frühere Entwicklungsstufe führt Ribbert auf den Einfluß der Entspannung des Gewebes, der veränderten Ernährung, des aufgehobenen Nerveneinflusses, der aufgehobenen Funktion zurück.

Bei Vermeidung dieser Schädlichkeiten durch geeignete Maßnahmen konnte es demnach möglich erscheinen, die Rückbildungsprozesse hintanzuhalten oder Regeneration zu erreichen.

Die Versuche S a l t y k o w s (1900), welche an transplantierten Muskeln Regeneration und nur allmähliches Zugrundegehen sah, schienen diese Erwartungen zu stützen. S a l t y k o w experimentierte an Ratten und Mäusen, pflanzte Muskelstückchen in Zusammenhang mit Knochen autoplastisch unter die Rückenhaut und untersuchte in Zeitabschnitten den Zustand des Transplantates. In den ersten Tagen nach der Verpflanzung verliefen in den Muskelfasern degenerative Prozesse, aber schon nach 3—5 Tagen zeigten Kernveränderungen Proliferationsvorgänge an. Nach 10 Tagen waren noch mehr oder weniger gut erhaltene alte Fasern vorhanden, nach 14 Tagen waren sie sämtlich verschwunden, dagegen waren nach 4 Wochen neugebildete Fasern entstanden und unterschieden sich von normalen nur dadurch, daß sie etwas schmaler waren. Von der sechsten Woche an traten aber auch bei ihnen unter Kernveränderungen Degenerationsvorgänge ein, die Kerne wiesen keine Proliferation mehr auf. In der Folgezeit atrophierten die Fasern mehr und mehr, um schließlich ganz zu verschwinden. Bei einem Tiere waren aber nach 6 Monaten zwar hochgradig degenerierte, doch noch gut erkennbare Muskelbündel mit einzelnen quergestreiften Fasern zu erkennen.

Es ging also nach diesen Versuchen das freiverpflanzte Muskelgewebe zwar schließlich auch zugrunde, aber ein Teil war in der Zwischenzeit durch Regeneration wiederhergestellt gewesen, hatte sich in diesem Zustande eine Zeitlang gehalten, um zuletzt der Atrophie anheimzufallen. S a l t y k o w führt das Verschwinden der regenerierten Fasern auf einfache Inaktivitätsatrophie zurück.

Die Erkenntnis der Bedeutung des Funktionsreizes, welcher das verpflanzte Stück an seinem neuen Standort trifft, auf seine Einheilung und sein Wachstum führten J o r e s (1909) zu neuen Versuchen, die er mit seinem Schüler A. S c h m i d (1909) zusammen anstellte. Stücke der Oberschenkelmuskulatur wurden unter leichter Spannung bei Kaninchen autoplastisch in einen gesetzten Muskeldefekt am Rücken verpflanzt. Nach 6—8 Stunden wurde der Muskel mit schwachen faradischen Strömen gereizt, wie es in einigen Versuchen schon G l u c k ausgeführt hatte, und dies täglich 6—7mal wiederholt. Die elektrisch gereizten Muskelstückchen heilten ein, während nicht gereizte Transplantate unter sonst gleichen Verhältnissen sich unter demarkierender Entzündung abstießen. Die mikroskopische Untersuchung zeigte im Transplantat einerseits Nekrosen, Umwandlung der Muskelbündel in Bindegewebe, Verkalkung, andererseits ließ sich aber auch Regeneration nachweisen, die zum Teil von dem Boden ausging, auf dem die Verpflanzung stattgefunden hatte, zum Teil aber auch vom Transplantat selbst. Das transplantierte Gewebe ging zugrunde, aber es trat von ihm ausgehend eine regenerative Neubildung ein, die nach 2 Monaten noch nachweisbar blieb und makroskopisch von der Umgebung kaum zu unterscheiden war.

J o r e s führt den günstigen Einfluß des funktionellen Reizes in seinen Versuchsergebnissen auf die Möglichkeit zurück, daß in den Anfangsstadien, bevor neue Vaskularisation eingetreten ist, durch die Funktion verbesserter Stoffwechsel bewirkt würde. Später soll das Erhaltenbleiben der Muskulatur und ihre Regeneration dadurch günstig beeinflusst werden.

J o r e s sowohl wie S a l t y k o w hatten neben Degenerationsprozessen mithin im Gegensatz zu M a g n u s und V o l k m a n n Regenerationsvorgänge im transplantierten Gewebe gefunden, die seinen endgültigen Untergang zwar nicht aufhalten konnten, aber große Bündel neugebildeter Muskelfasern entstehen ließen. S c h m i d hatte die Frage,

wieweit das Muskelstück des transplantierten Gewebes sich an der Regeneration beteiligt und wieviel aus der Umgebung stammt, offen gelassen. S a l t y k o w s Ergebnisse, nach denen eine Regeneration des unter die Haut transplantierten Muskels nur aus sich selbst angenommen werden konnte, fanden ihre Bestätigung in weiteren Experimenten von R o j d e s t v e n s k y (1910) und A s k a n a z y (1912).

R o j d e s t v e n s k y verpflanzte Muskelstücke in das Gehirn von Kaninchen, ähnlich wie Z i e l o n k o in den Lymphsack des Frosches und R i b b e r t in Lymphdrüsen. Der Muskel ging zum Teil zugrunde, aber in den peripheren Abschnitten fand sich eine typische Regeneration der Muskelsubstanz und verlief wie die Muskelregeneration unter anderen Bedingungen. Bis zum Ende des zweiten Monats nach der Transplantation ließ sich überlebendes Muskelgewebe verfolgen, dann war es verschwunden — wie R o j d e s t v e n s k y meint, aus Mangel an Funktion. Die Verfasserin zieht aus ihren Versuchen den Schluß, daß es möglich sei, Muskelgewebe mit Erfolg zu verpflanzen.

A s k a n a z y transplantierte bei Kaninchen Muskelstückchen zum Teil ebenfalls ins Gehirn, zum Teil in die Niere. Neben Nekrosen, die schon nach 18 Stunden erkennbar waren, traten nach 2 Tagen Kernreihen als Zeichen der Proliferation auf, und gegen Ende der ersten Woche waren unter anderem Muskelknospen junger Fasern im Sinne E. N e u m a n n s nachweisbar. Junge Fasern zeigten sich nun in allen Präparaten der nächsten Wochen; in der dritten Woche trat Querstreifung auf. Nach 2 Monaten war in den neuen Fasern die Degeneration in vollem Gange, sie hatte schon mit dem Ende der zweiten Woche eingesetzt, und nach 4 Monaten waren die letzten Faserreste nur noch als langgestreckte Gebilde mit faseriger Struktur und mehreren großen Kernen zu erkennen. Ferner verpflanzte A s k a n a z y in die Muskulatur beim Kaninchen kleine Muskelstückchen, die er mit Schwämmchen umhüllte, um ein Einwachsen neuer Fasern aus der Umgebung zu verhindern. Auch in diesen Versuchen konnte er junge, neugebildete Muskelfasern im Transplantat auffinden.

Die Ergebnisse R o j d e s t v e n s k y s und A s k a n a z y s sind wichtig, da sie die Versuche S a l t y k o w s bestätigen und einwandfrei nachweisen, daß das autoplastisch frei verpflanzte Muskelgewebe neue Fasern bilden und sich aus sich selbst heraus regenerieren kann. Allerdings gingen auch in ihren Experimenten die neugebildeten Fasern im Verlaufe einiger Monate wieder zugrunde.

Einen neuen Gesichtspunkt hatte unterdessen O. H i l d e b r a n d in die Frage der Muskelgewebsverpflanzung gebracht. Er hatte durch seine Schüler W a n n e r und später A. H i l d e b r a n d t (1905) Versuche anstellen lassen, um das Verhältnis zwischen Muskel und angehörigen Nerven festzustellen und zu erforschen, ob ein Muskelabschnitt, der nur noch mit seinen motorischen und trophischen Nerven mit dem Körper in Verbindung geblieben ist, sich erhalten kann. Die Versuche hatten das Ergebnis, daß es nicht gelingt, einen Muskel nur mit seinem Nerven, ohne jedes Gefäß, zu transplantieren und funktionsfähig zu erhalten. Wenn man aber den Muskelabschnitt mit seinem Nerven sowie den diesen versorgenden Gefäßen in Zusammenhang läßt, so ist es nach H i l d e b r a n d t möglich, ihn im Körper wieder einzuheilen und funktionsfähig zu erhalten, selbst wenn er sonst fast vollkommen aus der

Zirkulation ausgeschaltet war. Der größte Teil seiner Fasern geht allerdings infolge der plötzlichen Hemmung des Kreislaufes zugrunde, doch bleibt die Regenerationsfähigkeit in vollkommenem Sinne erhalten.

Ein Fall *Hildebrands*, bei dem mit gutem Erfolg der *M. pectoralis* als Ersatz des gelähmten *Deltoideus* verpflanzt wurde unter Erhaltung des Nerven, aber nur eines verhältnismäßig kleinen Teiles der Gefäßversorgung, schien die Wichtigkeit der Schonung der nervösen Zuleitung vor der der Blutgefäße zu bestätigen.

Dasselbe schien auch ein Erfolg *Goebells* (1912) zu beweisen, der als erster wieder seit dem gelungenen Versuch *Helferichs* die freie Muskelverpflanzung am Menschen ausführte, und zwar unter Wiederherstellung der Nervenleitung durch die Nervennaht.

*Goebell* stellte auf der 84. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte einen 5jährigen Knaben vor, bei dem mit Erfolg eine freie Muskeltransplantation ausgeführt worden war. Bei ihm war im Anschluß an eine Extensionsfraktur des Humerus eine ischämische Kontraktur des *Flexor dig. prof.* und *sublimis* entstanden. Beide Muskeln wurden aus ihren narbigen Verwachsungen gelöst, am Übergang vom Muskel in die Sehne quer durchtrennt und nun in die durch Streckung der Finger entstandene Lücke das obere Ende des rechten *Sartorius* an Stelle des *Flexor profundus* und die dem X. Interkostalnerven entsprechende Zacke des *M. obliquus ext.* in den *Flexor sublimis* verpflanzt. Die zugehörigen Nerven blieben mit ihren Muskelabschnitten in Verbindung und wurden an verschiedenen Stellen in den *Medianus* eingepflanzt. Die narbige Unterarmfaszie wurde durch ein Stück der *Fascia lata* ersetzt. Vom Tage nach der Operation an wurde 2mal täglich faradisiert. Der funktionelle Erfolg war in den ersten beiden Monaten entsprechend der Verlängerung der Muskeln durch die Transplantate; vom dritten Monat an konnte fortschreitende Besserung beobachtet werden, und nach 7 Monaten war vollkommen normale Funktion erreicht; die Finger konnten völlig gestreckt und mit Kraft vollkommen gebeugt werden.

So war anscheinend ein glänzender Erfolg der freien autoplastischen Muskeltransplantation erzielt worden mit Hilfe teilweiser Überpflanzung des zugehörigen Nerven und Wiederherstellung der Nervenleitung durch dessen Einpflanzung in eine funktionsfähige Nervenbahn.

*Goebell* betont zwar, daß die Muskeln ischämisch geworden sein könnten und wie Sehnenverlängerung wirken, er glaubt aber eine teilweise Regeneration des transplantierten Muskels annehmen zu dürfen, da zunächst nur die durch Verlängerung bedingte Besserung, vom dritten Monat an aber fortschreitende Besserung der aktiven Beugung einsetzte.

*Wrede* widersprach in der Diskussion der Möglichkeit einer funktionellen Einheilung der übertragenen Muskulatur auf Grund von Tierversuchen, über deren Ergebnis er bereits auf dem Chirurgenkongreß 1912 berichtet hatte. *Wrede* hatte in zahlreichen Versuchen an Hunden und Kaninchen die Verhältnisse und Bedingungen aller Arten der freien Muskeltransplantation untersucht. Das Gewebe wurde entweder frei oder mit zugehörigen intakten Nerven oder mit Hilfe der Nervennaht unter den verschiedensten Versuchsanordnungen verpflanzt und nach verschieden langer Zeit sorgfältig histologisch untersucht. Es wurde auch nach den Empfehlungen von *Jores* der faradische Strom als Funktionsreiz angewendet. Stets aber wurde das frei transplantierte Muskelgewebe zum Schluß nekrotisch und ging zugrunde.

Es bestätigte sich in diesen Versuchen durchaus die von *Garré* 1907

und von L e x e r in seinem Referat auf dem Chirurgenkongreß 1911 vorgetragene Ansicht, daß die quergestreifte Muskulatur zu ihrer Erhaltung der Nervenversorgung neben einer ausreichenden Blutzufuhr bedarf.

Immerhin war eine Einigung in der Frage der Möglichkeit und Bedingungen der freien Muskelverpflanzung trotz aller Experimente nicht erzielt. V u l p i u s und D e s c h i n berichteten wieder über Einheilung und Erhaltung frei transplantierte Muskelstücke in Tierversuchen.

Daher stellten 1913 H a b e r l a n d in der Chirurgischen Poliklinik in Leipzig und L a n d o i s in der Breslauer Klinik weitere Versuche an.

Sämtliche bis dahin vorliegende Literatur wurde von beiden Untersuchern herangezogen und alle Möglichkeiten, die sich dem Gelingen der freien Muskelverpflanzung boten, in den Versuchen berücksichtigt.

H a b e r l a n d experimentierte an Kaninchen und pflanzte Muskelstückchen an den Hinterläufen, ähnlich wie vor ihm schon W r e d e u. a., an derselben Stelle wieder ein. In einigen Fällen drehte er sie um 180° in der Längs- und Querachse, oder er wechselte gleiche Muskelstücke an beiden Läufen aus, ohne die Pole zu vertauschen. Einigemal wurde ein durchtrennter Nerv in das Transplantat eingepflanzt. In weiteren Versuchsarrangements wurden Muskelstücke teils aus ihrer Gefäßversorgung, teils aus der Nervenverbindung ausgeschaltet. Sämtliche Versuche wurden nach verschieden langer, ausreichender Beobachtungszeit sorgfältig histologisch und auch elektrisch nachuntersucht. H a b e r l a n d geht eingehend auf die widerspruchsvollen Ergebnisse der bisherigen Forschung über freie Muskelverpflanzung ein und bewertet sie auf Grund früherer und seiner eigenen Versuche. Er kommt dabei zu folgenden Schlüssen: Das frei transplantierte Muskelgewebe heilt ein, die Muskelfasern gehen aber allmählich zugrunde, da nicht rechtzeitig für die Ernährung gesorgt wird. Die Regeneration und die Erhaltung der Fasern an der Peripherie durch osmotische Vorgänge hat für chirurgische Zwecke keinen praktischen Wert. Für die Erhaltung des Muskelgewebes sind die Gefäße und Nerven unbedingt erforderlich; das Schwergewicht ist auf die ausreichende Blutzufuhr zu legen, die wiederum von Nerven beeinflußt wird.

L a n d o i s stellte seine Versuche ebenfalls an Kaninchen an. Muskelstückchen wurden entweder ganz ausgeschnitten oder im Zusammenhang mit dem motorischen Nerven gelassen und dann in die Entnahmestelle sofort wieder eingepflanzt. Eine Serie wurde 2mal täglich 5 Minuten lang faradisiert.

L a n d o i s fand, daß die freie Muskeltransplantation nicht nur zwecklos ist, weil die kontraktive Substanz nekrotisch wird, sondern bei größeren Gewebsteilen sogar gefährlich, da der aseptische Gewebstod giftig auf den Gesamtorganismus wirkt. Ein Teil der Versuchstiere ging daran zugrunde. Die Faradisierung des Transplantates blieb erfolglos. In dem einzigen Falle, in dem L a n d o i s Regeneration an den Faserstümpfen des freien Transplantates nachweisen konnte, war nicht elektrisiert worden. Wurde Muskelgewebe unter Erhaltung der motorischen Nervenbrücke übertragen, so ging auch hier reichlich Muskelgewebe zugrunde. Ein großer Teil der Fasern behielt seine Querstreifung, verfiel aber der Atrophie und wurde durch vorwachsendes Narbengewebe vom Rande allmählich ersetzt. Die Neubildung junger Muskelemente war bei Erhaltung der Nervenbahn sehr ausgedehnt. Es kam aber nie zum muskulären Ersatz für die absterbenden Fasern.



Landois schließt daraus, daß autoplastisch verpflanztes Muskelgewebe zur Deckung von Defekten, auch unter Anwendung der Nervennaht übertragen, nicht zur funktionellen Einheilung gelangen kann. Tritt trotzdem Funktion ein, so wird diese durch die entstandene bindegewebige Schwiele übertragen.

Somit schien wiederum auf Grund einwandfreier Versuche erwiesen, daß das frei transplantierte Muskelgewebe sich auf die Dauer nicht erhalten kann, und daß es durch freie Transplantation nicht möglich ist, einen Muskeldefekt durch dem verlorengegangenen gleichwertiges Gewebe zu ersetzen.

Goebell teilte 1913 im Anschluß an die genaue Veröffentlichung seines bereits erwähnten Falles die Ergebnisse von 12 Doppeltierversuchen mit, die er zusammen mit Dahm angestellt hatte. Aus den beiden Quadrizepsmuskeln der Versuchstiere wurden 4—5 cm lange Stücke ausgeschnitten und sofort wieder eingepflanzt. An einer Seite wurde das Transplantat faradisch gereizt. 11 Versuche fielen negativ aus, insofern, als das Transplantat völlig zugrunde ging. In einem Falle war nach 133 Tagen das nicht faradisierte Muskelstück ebenfalls fast völlig degeneriert, während sich im elektrisch gereizten Transplantat noch Muskelreste nachweisen ließen. Auffällig war die starke Regeneration der übrigen Quadrizepsmuskulatur, die den Defekt fast vollkommen ausgeglichen hatte.

Goebell folgert aus seinen Versuchen, daß auch bei seiner Muskeltransplantation am Menschen der eingepflanzte Muskel eingeheilt, dann teilweise nekrotisch geworden ist, aber zugleich zu einer starken Regeneration des Muskelgewebes Veranlassung gegeben hat. In diesem letzten Vorgang sieht Goebell den Hauptwert der freien Muskeltransplantation und die Ursache des guten funktionellen Endresultates bei seinen Patienten. Daß der mitüberpflanzte Nerv eingeheilt wäre und das transplantierte Muskelstück versorgte, hält Goebell für unwahrscheinlich.

Weitere experimentelle Nachprüfungen derselben Frage stellte Kroh an (1915).

In 46 Versuchen wurden Muskelstücke in Verbindung mit ihrer Faszie bei Kaninchen intramuskulär und epifaszial transplantiert und replantiert. Nach spätestens 2 Stunden erlischt die faradische Erregbarkeit des implantierten Muskels; auch die wiederholten faradischen Reizungen änderten nichts an der endgültigen Degeneration. Nach 6—8 Wochen war das degenerierte Muskelgewebe substituiert. Regenerierte Muskelfasern aus dem Transplantat selbst und aus seiner Grenzzone gehen aus Mangel an nervösen Impulsen zugrunde. Schließlich ist alles durch fettreiches, zur Schrumpfung neigendes Stützgewebe ersetzt.

In Gegensatz zu diesen negativen experimentellen Ergebnissen stellt sich neuerdings wieder Erlacher (1915). Nach seiner Ansicht weisen die bis dahin vorliegenden Untersuchungsmethoden Lücken auf, vor allem sei auf Zahl und Verhalten der motorischen Nervenfasern und ihrer Endplatten nicht genügend Gewicht gelegt worden, trotzdem doch seit Hildebrands Versuchen die Wichtigkeit des nervösen Anschlusses stets betont worden sei. Nach Erlachers Arbeiten erfolgt gleichzeitig mit der Degeneration der motorischen Endplatten auch eine solche der betreffenden Muskelfasern, dann ferner rasch nach einer Verletzung die Regeneration des motorischen Nerven und darauf erst unter seinem Ein-

fluß die endgültige anatomische und funktionfähige Regeneration der Muskelfasern. Wenn der nervöse Anschluß nicht hergestellt wird, tritt bindegewebige Substitution des Muskelgewebes ein.

Die Degeneration des Nerven erfolgt bereits in 4—5 Tagen. Finden wir also später reichlich motorische Fasern zwischen den Muskeln und auf den Muskelfasern junge Endplatten, so kann man nach Erlacher sicher sein, einen Regenerationsprozeß vor sich zu haben. Aus der Untersuchung des Muskelgewebes allein ist keine Entscheidung zu treffen, da eine schmale Muskelfaser mit allen Kernen und fehlender Querstreifung für sich allein betrachtet sich ebensogut in De- wie in Regeneration befinden kann.

Unter diesen Gesichtspunkten stellte Erlacher Versuche an Meer-schweinchen an. In der ersten Reihe von 9 Versuchen wurde der Biceps brachii längsgespalten und von der Unterlage ein nur noch durch Bindegewebe mit diesem verbundener Lappen losgetrennt. Dieser aus seiner nervösen und bis auf die Unterlage ernährenden Zufuhr abgetrennte Muskellappen wurde an Ort und Stelle gelassen, ob auch eingenäht, ist nicht erwähnt. Nach 16 Tagen fanden sich zahlreiche regenerierte Nervenfasern, ferner neben ausgesprochenen Degenerationszeichen in großen Teilen des abgetrennten Muskels Regeneration in der Nähe der neugebildeten Nervenfasern. Nach 28 und 32 Tagen war die Regeneration von Nerven und Muskeln weiter vorgeschritten und nach 48 Tagen makroskopisch und mikroskopisch vollständige Regeneration ohne einen feststellbaren Verlust am Muskelgewebe vor sich gegangen.

In weiteren Versuchen gelang es Erlacher, einen experimentell gelähmten Muskel dadurch, daß er ihn breit mit einem gesunden in Verbindung brachte, zu neurotisieren, wie es bereits von Gersuny, v. Hacker und Erlacher selbst am Menschen mit Erfolg ausgeführt worden ist.

In einer dritten Reihe von 8 Versuchen führte endlich Erlacher eine vollkommen freie Muskeltransplantation aus und vertauschte Muskellappen aus dem Bizeps von links und rechts und umgekehrt. Nach 25 Tagen waren im stets glatt eingehheilten Transplantat viele junge Nervenfasern nachweisbar, während im Muskelstück das Bild weitgehendster Degeneration herrschte. Nach 38 Tagen zeigten sich namentlich in der Nähe des gesunden Muskels die ersten Zeichen der Regeneration. Diese war nach 73 Tagen weiter fortgeschritten und nach 99 Tagen so weitgehend, daß das Transplantat nur noch an den schmalen, geschlängelten und weniger geordneten Muskelfasern zu erkennen war. Das Bindegewebe war gegenüber der gesunden Seite etwas vermehrt. Die gesunde Unterlage wie auch das Transplantat konnten isoliert mit schwachen Strömen zur Kontraktion gebracht werden.

Erlacher schließt aus seinen Versuchen, daß es gelingt, den frei transplantierten Muskellappen reaktionslos zur Einheilung zu bringen und durch Ernährung von außen her so lange vor der Nekrose zu schützen, bis nutritiver Nervenanschluß erfolgt. Das frei verpflanzte Muskelgewebe kann sich unter rasch eintretendem, zuerst erfolgenden nervösen Anschluß selbst aus den Stadien höchster Degeneration zu funktionfähigem Muskelgewebe regenerieren und wird nicht durch Bindegewebe ersetzt.

Borst endlich ließ durch Shinya quergestreifte Muskulatur autoplastisch, homoplastisch und heteroplastisch in periphere Nerven verpflanzen. Bei der heteroplastischen Transplantation ging das Muskelgewebe unter starker Entzündung ohne Neubildung von Muskelgewebe zugrunde und wurde resorbiert. Bei der Auto- und Homoplastik verfiel das zentrale Muskelstück einer hyalinen Degeneration; die peripheren Stücke zerfielen in eine schollige Masse. Bei der Autoplastik ging nun von

den oft von geringen Mengen kontraktiler Substanz umgebenen Keimen das Wachstum der neuen Muskelfasern ohne Knospbildung aus. Auch entstanden neue Muskelfasern durch Verschmelzung mehrerer Muskelzellen. Die degenerierte Zentralpartie zeigte keine Tendenz zur Neubildung. Bei der Homoplastik fand die Neubildung der Muskelfasern durch amitotische Kernteilung und Knospbildung der erhaltenen Fasern statt. Nach bestimmter Zeit gingen die neugebildeten Muskelfasern wieder zugrunde, bei der Homoplastik schneller als bei der Autoplastik.

## Kapitel 2.

### Ergebnisse der bisherigen Beobachtungen und der eigenen Untersuchungen.

So widersprechend die Ergebnisse der vorliegenden Versuche über die freie Muskeltransplantation und die von den einzelnen Autoren daraus gezogenen Schlüsse über ihre praktische Verwertbarkeit auch sind, so haben sie uns doch die Grundlagen und Bedingungen klargelegt, unter denen eine freie Muskelverpflanzung überhaupt möglich sein kann.

Kein Zweifel kann darüber bestehen, daß frei transplantiertes Muskelgewebe an seinem neuen Orte einzuheilen vermag. Ausstoßung des Transplantates, wie sie einige Autoren sahen, liegt an Fehlern der Technik und der Aseptik. Die Frage ist allein die, ob das verpflanzte Muskelgewebe als solches erhalten bleibt und die gewünschte spezifische Funktion auszuüben vermag.

Ganz aussichtslos ist in diesem Sinne die freie Verpflanzung artfremder Muskelstücke, und auch die Brauchbarkeit der Homoplastik muß nach den angestellten Versuchen und den Erfahrungen mit gleich- und auch weniger hochdifferenzierten Geweben bei der Empfindlichkeit des Muskelgewebes durchaus in Abrede gestellt werden.

Es bleiben mithin allein die Bedingungen und die Verwendbarkeit der autoplastischen Muskeltransplantation zu erörtern. Viele Autoren (Magnus, Volkmann, Capurro, Caminiti, v. Mutach u. a.) lehnen die Möglichkeit der freien Muskelverpflanzung von vornherein ab, da das aus seinem Zusammenhang gelöste Muskelstück stets zugrunde gehe und entweder resorbiert werde oder der bindegewebigen Entartung anheimfalle.

Nun geht aber aus den früher erwähnten Versuchen, besonders von Saltykow, Jores, Rojdestvensky und Askanazy unzweifelhaft hervor, daß frei verpflanzte Muskelstücke nicht einfach vollständig der Nekrose anheimfallen und bindegewebig ersetzt werden, sondern daß sich in ihnen, neben ausgesprochenen, von allen Autoren beobachteten degenerativen Vorgängen, auch regenerative Neubildungen von Muskelfasern abspielen, so daß nach 4—6 Wochen und noch später noch gut er-

kenbare Muskelbündel vorhanden waren. Die Experimente von Saltykow, Rojdestvensky, Askanazy und Borst, bei denen Muskelstückchen unter die Haut oder in Gehirn, Niere und Nerven, also an Stellen verpflanzt wurden, wo neugebildete Muskelfasern nur aus dem Transplantat selbst hervorgegangen sein können, begegnen den Einwänden von Magnus und Volkman, die diese den Ergebnissen Glucks machen mußten, daß die neugebildeten Fasern nicht aus dem Transplantat, sondern von den Rändern und aus dem Grunde des Muskelmutterbodens stammen.

Ein frei verpflanztes Muskelstück kann mithin, wenigstens zum Teil, seine Gewebsenergie eine Zeitlang bewahren, neue Fasern bilden und sich aus sich selbst heraus regenerieren.

Die Ergebnisse aller einwandfreien Untersuchungen haben nun aber gezeigt, daß die Fähigkeit der Regeneration nicht unbeschränkt ist, und daß die Eigenschaft, neue Fasern zu bilden, bei dem aus dem Zusammenhang vollkommen gelösten und sich selbst überlassenen Gewebe schließlich verloren geht. Das neugebildete Muskelgewebe wurde resorbiert und bindegewebig ersetzt.

Man hat erkannt, daß zur erfolgreichen Verpflanzung von Muskelgewebe gute Ernährung, Funktionsreiz und Erhaltung oder schnelle Wiederherstellung der Nervenversorgung Bedingung sind.

Es fragt sich nun, ob es möglich ist, diese Vorbedingungen des Gelingens der freien Transplantation zu erfüllen, und welches die zu diesem Zwecke einzuschlagenden Wege sind.

#### a) Ernährung des Muskeltransplantates.

Die Einheilung und Erhaltung des verpflanzten Muskelgewebes ist zunächst eine Frage ausreichender Ernährung am neuen Orte.

Gute Ernährungsbedingungen sind bei der Einheilung des Muskelgewebes wie bei der jeden Transplantates erstes Erfordernis. Infektion, Gewebsschädigungen, Blut- und Lymphergüsse müssen ferngehalten werden. Wahrscheinlich ist in manchen Versuchen der Autoren, die stets nur Zugrundegehen des Transplantates ohne jede Regeneration sahen, hierauf nicht genügend Rücksicht genommen. Aber auch bei Erfüllung dieser Vorbedingungen ist die Lebensfähigkeit des ganzen Transplantates noch in hohem Maße in Frage gestellt. Wir wissen, daß der Muskel sehr empfindlich gegen die Unterbrechung der Zirkulation und auf reiche Versorgung und regen Stoffwechsel eingerichtet ist.

So sah Bergkammer schon Nekrose am Kaninchenmuskel nach Absperrung der Blutzufuhr von länger als 14 Stunden, Heidelberg nach 12 Stunden. Garrè betont, daß der Muskel die Blutversorgung nicht länger als einige Stunden entbehren kann. Die Regenerationsfähigkeit einiger Zellkomplexe beweist allerdings, daß sie durch Imbibition mit Lymphe und Blutplasma sich lebensfähig erhalten können, bis durch Hineinwuchern neuer Gefäße von der Peripherie am Mutterboden, was nach 3—4 Tagen geschieht (Garrè), die Ernährung gewährleistet ist.

Aber durch osmotische Vorgänge werden nur die Randteile ernährt und lebensfähig erhalten werden können. Bei der Verpflanzung größerer

Muskelteile muß der weitaus bedeutendere innere Kern bei der erwiesenen Empfindlichkeit des von der Ernährung gänzlich abgeschnittenen Gewebes längst zugrunde gegangen sein und seine Regenerationskraft verloren haben, bis hineinwachsende Gefäße den Stoffwechsel wiederherstellen können.

Daß dies auch für den Menschen zutrifft, zeigen meine eigenen Untersuchungen. Sie erstrecken sich auf das Material von 5 Fällen, in welchen Muskeltransplantationen vorgenommen worden waren.

In 3 Fällen, bei denen zweizeitige Operationen am Unterschenkel ausgeführt werden mußten, habe ich der gesunden Streckmuskulatur Stücke

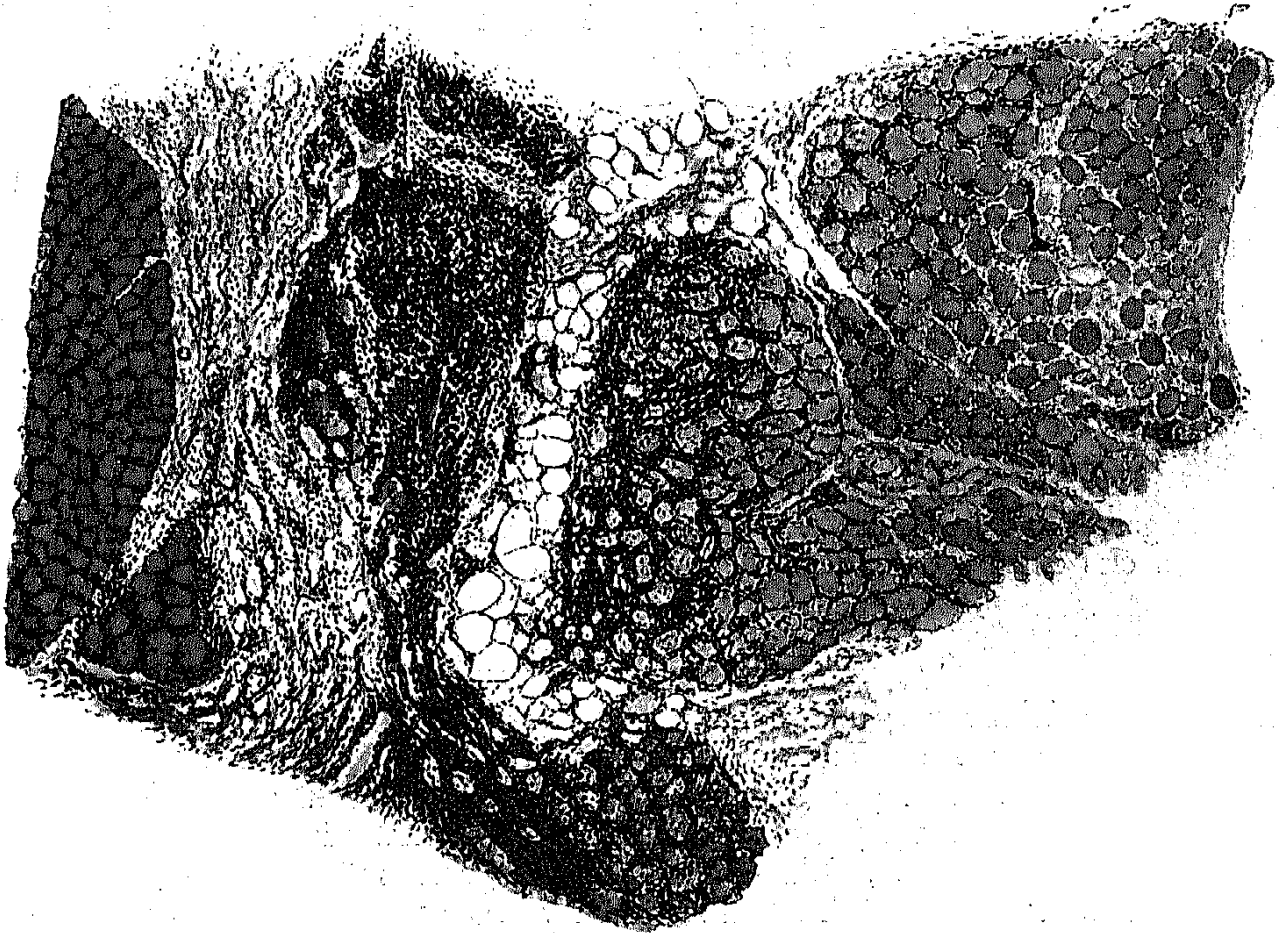


Fig. 894. Freie autoplastische Transplantation am Menschen. Rand des Transplantates nach 7 Tagen. (Links normaler Muskel, rechts Transplantat.)

entnommen, sie sofort wieder eingepflanzt und nach verschieden langer Zeit bei der zweiten Operation Stücke zur Nachuntersuchung gewonnen. Schaden konnte auf diese Weise den betreffenden Patienten nicht zugefügt, wohl aber Aufschluß gewonnen werden, ob die Vorgänge bei der autoplastischen Muskeltransplantation am Menschen dieselben sind wie im Tierversuch. Nachuntersuchungen von am Menschen transplantiertem Muskelgewebe liegen bisher nicht vor. Der Wundverlauf war bei den 3 Patienten stets völlig reizlos. Auf elektrische Reizung habe ich in Hinsicht auf die Erfahrungen von W r e d e, K r o h und L a n d o i s verzichtet, wohl aber die Patienten sofort Bewegungen ausführen lassen. Es wurden in den ersten beiden Fällen Teile des Extensor digitorum communis, im letzten Fall aus dem Tibialis anterior Stücke von etwa 5 cm Länge und 1 qcm Querschnitt mitsamt einem Stück der Faszia entnommen und sofort durch Katgutnähte wieder in ihrer alten Lage befestigt. Züge normalen Muskel- und Sehngewebes hielten die Kontinuität des Muskels aufrecht und sicherten seine Funktion.

Die Ergebnisse sind folgende:

I. Versuch. Wiedergewinnung nach 7 Tagen (Fig. 394).

**Makroskopisch:** Das eingepflanzte Muskelstück ist graurötlich gefärbt, im ganzen derber als normal und zeigt im Innern dunklere, weiche (nekrotische) Stellen. Der Übergang in das umgebende Muskelgewebe ist unscharf, die Nahtstelle daher schwer zu erkennen, seitlich läßt sich das Transplantat leicht lösen.

**Mikroskopisch:** Die Muskelfasern im Transplantat sind verbreitert und gequollen; sie haben zum größten Teil ihre Querstreifung ver-

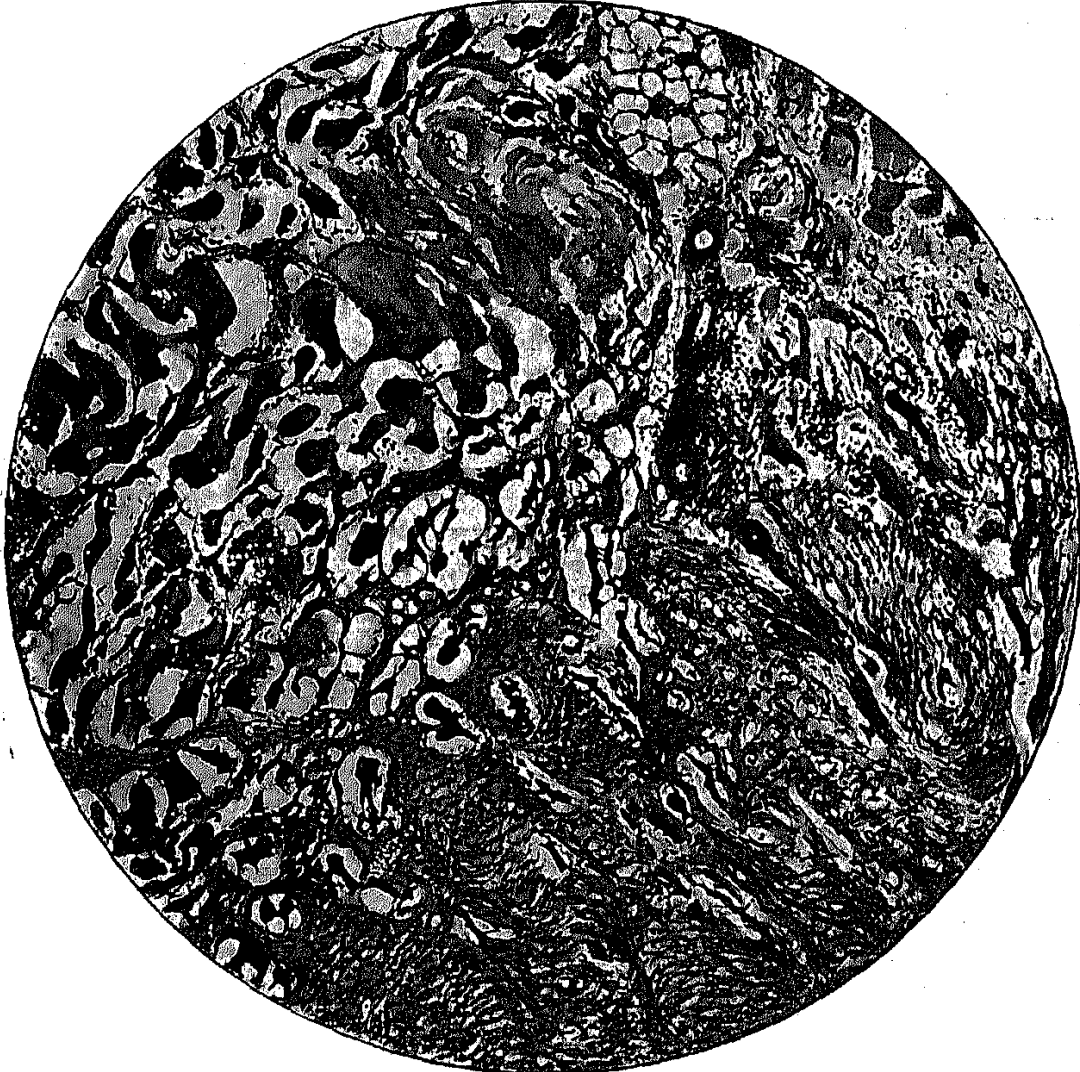


Fig. 395. Freie autoplastische Muskeltransplantation am Menschen. Aus der Mitte des Transplantates, 26 Tage nach der Einpflanzung.

loren. Die Kerne sind zum Teil verschwunden, zum Teil in Wucherung begriffen. Am Übergang vom Transplantat in das gesunde Gewebe der Nachbarschaft ist eine breite Zone von Rundzellenanhäufung entstanden, von der aus Leukozyten zwischen die Fasern des Transplantates, weniger auch in den Mutterboden eingewuchert sind. Hier an der Grenze liegt ein zellreiches Granulationsgewebe, welches gegen die Muskelfasern des Transplantates vordrängt, sie umfaßt und erdrückt oder ersetzt. Die makroskopisch sichtbaren dunkleren Stellen im Innern des Transplantates enthalten Leukozytenanhäufungen und Blutungen und lassen ferner die Reste von Muskelfasern erkennen, von denen keine mehr Querstreifung und nur noch wenige einige Kerne aufweisen.

II. Versuch. Wiedergewinnung nach 26 Tagen (Fig. 395).

**Makroskopisch:** Das Transplantat ist von graurötlicher Farbe und sehr derber Konsistenz. Im Innern ist mit dem bloßen Auge von Muskel-

gewebe nichts mehr zu erkennen, an den Rändern scheinen noch blaßrötliche Fasern vorhanden zu sein. Doch ist nicht sicher zu entscheiden, ob diese dem Transplantat oder dem Muttergewebe angehören, da eine genaue Abgrenzung des Transplantates nach allen Seiten unmöglich ist. Es ist mit der Umgebung innig verwachsen, so daß eine Trennung nicht möglich ist.

**Mikroskopisch:** Das Innere des Transplantates wird gebildet von einem kernreichen Narbengewebe mit reichlicher Interzellularsubstanz. An einigen Stellen finden sich Überreste zerfallener Muskelfasern als homogene Gebilde ohne Kerne, Quer- oder Längsstreifen. Sie liegen umgeben von An-

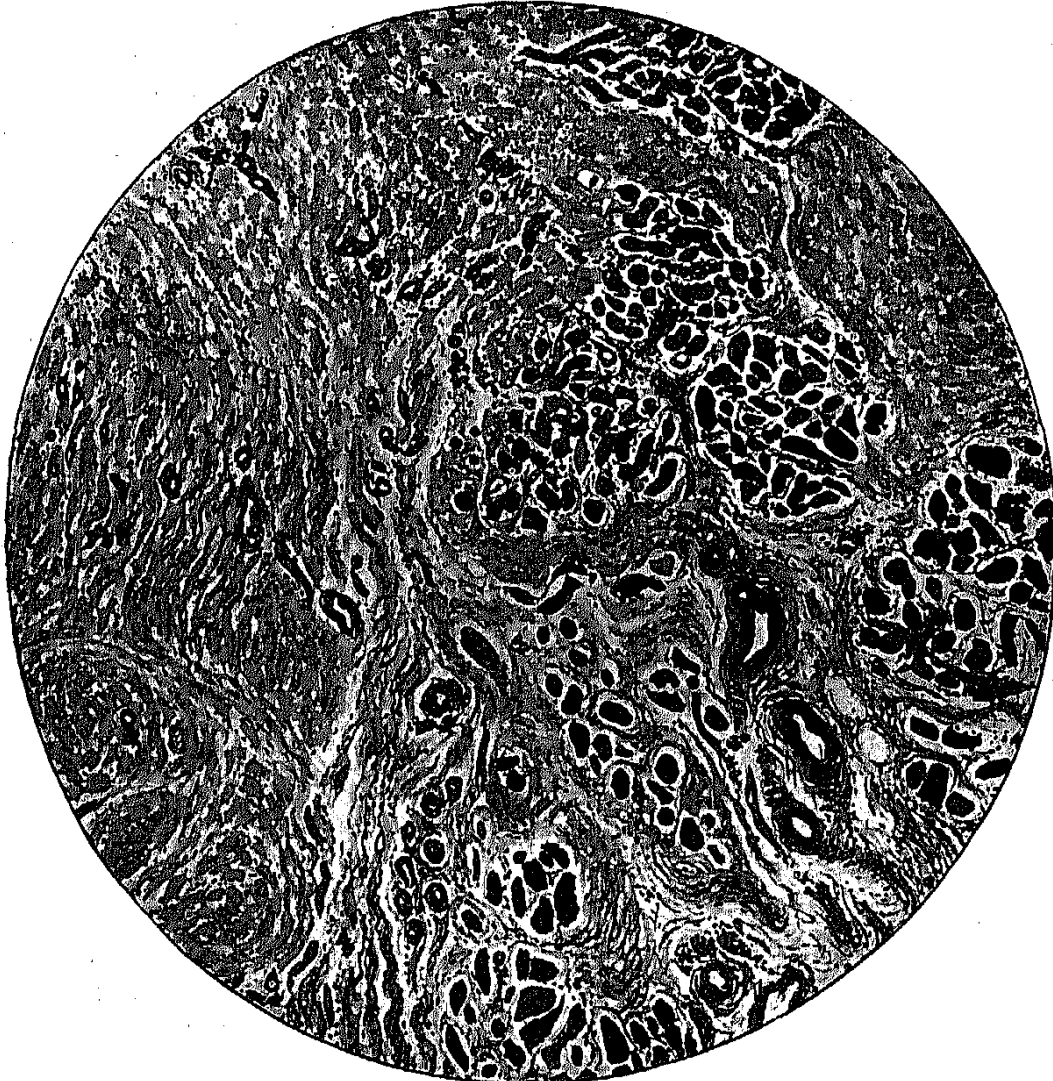


Fig. 396. Freie autoplastische Muskeltransplantation am Menschen. Aus dem Rande des Transplantates, 79 Tage nach der Einpflanzung.

häufungen meist polymorphkerniger Leukozyten, die ihrerseits wieder von gewuchertem Bindegewebe umfaßt und durchdrungen werden. Dieses Bindegewebe dringt auch noch an der Grenze des Transplantates ein Stück weit in das gesunde Muskelgewebe vor, so daß der Übergang zwischen Transplantat und Mutterboden nicht scharf ist. In dieser Zone läßt sich scholliger Zerfall einiger Fasern, daneben wohlerhaltene Fasern und solche mit ausgesprochener Kernwucherung erkennen. Auffallend ist die starke Vakuolisierung großer Teile der Muskelemente. Wieweit sich diese einzelnen Vorgänge noch im Gebiete des Transplantates oder im Mutterboden abspielen, läßt sich nicht sagen. Der Zellreichtum ist an den Rändern des Transplantates größer als im Innern, aber weitaus nicht mehr so reichlich wie im Fall I.

III. Versuch. Wiedergewinnung nach 79 Tagen (Fig. 396).

**Makroskopisch:** Das Transplantat ist in einen derb-fibrösen Strang verwandelt, der nach allen Seiten unscharf in die Umgebung übergeht.

Muskelfasern lassen sich in ihm nicht mehr erkennen. Auf dem Durchschnitt sieht das Transplantat wie eine derbe Schwiele aus mit einzelnen eingestreuten gelblichen und dunkleren Herden.

**Mikroskopisch:** Die Präparate aus dem Innern des Transplantates weisen ein zellreiches Narbengewebe auf; ganz vereinzelt findet man Überreste zerfallener Muskelfasern ohne Strukturzeichnung mit anliegenden Rundzellenhaufen und von Bindegewebszügen umklammert. Nach den Rändern zu werden die Muskelüberreste häufiger; näher dem gesunden Muskelgewebe liegen mitten im Bindegewebe einzelne Fasern mit erhaltener Querstreifung und vermehrten Kernen. Nahe der Grenze liegen gesunde, zum Teil gewucherte Fasern neben schollig zerfallenen, teils einzeln im Bindegewebe, teils zu mehreren zusammen. Doch läßt sich nicht sicher erkennen, ob sie dem Transplantat angehören oder aus dem Muttergewebe stammen, da der Übergang ganz unscharf ist und Bindegewebszüge ins gesunde Muskelgewebe vorgedrungen sind.

In zwei weiteren Fällen habe ich freie Muskeltransplantationen entsprechend dem Vorgehen *Goebells* ausgeführt. Es handelte sich beidemal um eine ischämische Muskelkontraktur nach Fraktur am distalen Humerusende bzw. am Vorderarm. Nach Freilegung der verkürzten Beugesehnen wurde der tiefe Beuger durch Z-förmige Tenotomie und Faszientransplantation verlängert. Die nach Durchschneidung am Muskelansatz und völliger Streckung der Finger und Hand entstandenen Defekte in den oberflächlichen Beugern wurden durch entsprechende Stücke aus dem Sartorius ersetzt. Ein genügend langes Stück des mitgewonnenen, zugehörigen motorischen Nerven wurde in dem später nachoperierten Falle seitlich in den Medianus eingepflanzt. Bei dem einen Patienten liegt die Operation erst kürzere Zeit (8 Wochen) zurück. Die Wunde ist primär verheilt. Unter frühzeitigen Bewegungsübungen und Elektrisieren macht die wiederkehrende aktive Beugefähigkeit der Finger Fortschritte, so daß die Behandlung guten Erfolg verspricht.

Bei dem zweiten Patienten war der Wundverlauf ebenfalls, abgesehen von dem Abstoßen einiger Seidenfäden, ohne Besonderheit. Hier trat aber, nachdem anfangs Besserung der aktiven Beweglichkeit unter Übungen, Massage und Elektrisieren eingetreten war, eine zunehmende Beugekontraktur der Finger wieder auf, so daß ich gezwungen war, 4 Monate nach der ersten Operation das Operationsgebiet wieder freizulegen und eine abermalige Sehnenverlängerung auszuführen. Das eingepflanzte Muskelstück war in eine sehr derbe Narbenschwiele verwandelt, an der sich Einzelheiten, vor allem auch Muskelgewebe, nicht mehr erkennen ließen. Mikroskopisch bestand das Transplantat aus einem zellreichen Narbengewebe, in dem Überreste von Muskelgewebe nicht mehr aufzufinden waren. Nur an dem Übergang zu der Beugemuskulatur waren in derbem Narbengewebe erhaltene Muskelfasern eingestreut. Es ließ sich hier aber nicht unterscheiden, ob sie dem Transplantat oder der bindegewebig veränderten Beugemuskulatur angehörten.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, daß auch am Menschen völlig frei transplantiertes Muskelgewebe nicht erhalten bleibt. Die Muskelfasern gehen zugrunde und werden durch Bindegewebe ersetzt. Erhaltene oder gewucherte Muskelelemente am Rande des Transplantates sind zwar vorhanden, sie können aber aus dem Muttergewebe stammen und, selbst wenn sie dauernd überlebend blieben, die Funktion des verlorengegangenen Muskelgewebes in keiner Weise ersetzen.

Bei der Transplantation sehr kleiner Muskelstücke, wie sie unter anderen *Askanazy* und *Rojdestvensky* sowie auch *Erlacher* ausführten, müssen die Ernährungsbedingungen für das Trans-



plantat besonders günstig sein, da ein verhältnismäßig großer Teil der Stoffwechselfversorgung durch Osmose zugänglich ist. Hier muß die Erhaltung und Neubildung der Fasern besonders reichlich sein. Daraus aber Schlüsse zu ziehen, daß auch größere Muskelstücke in gleicher Weise sich erhalten und regenerieren, ist nicht angängig. Bei jenen tritt auch der Gewebszerfall mit seiner Schädigung und Störung der Neubildung der Muskelemente durch Toxinbildung, der in größeren Transplantaten auftreten muß, in den Hintergrund. Er kann nach *Landois* sehr stark sein, so daß durch ihn die Versuchstiere (Kaninchen) zugrunde gingen.

Bei der Verpflanzung kleiner Gewebstücke in Muskelgewebe dürfte es ferner sehr schwer sein, zu entscheiden, ob neugebildete Fasern aus dem Transplantat oder aus dem Muttergewebe stammen, zumal wenn die Wiederentnahme des Präparates nach langer Zeit geschieht. Es geht schon aus den Untersuchungen von *Magnus* und *Volkman* hervor, daß von den Rändern her das zugrundegehende oder resorbierte Transplantat mehr oder weniger vollkommen vom umgebenden Muttermuskelboden aus ersetzt wird. Wie erheblich die Wiederherstellung verlorengegangenen Muskelgewebes und die Muskularisation in Muskelnarben sein kann, wissen wir ferner aus Spätoperationen nach Frakturen mit schweren Muskelzerreißen. Hier finden wir häufig Substitution ausgedehnter Narbenschwien und weitgehenden Wiederersatz der zertrümmerten Muskulatur.

Praktisch kommt für die Chirurgie die Verpflanzung kleiner Muskelstücke nicht in Betracht. Selbst größere Muskeldefekte heilen auch ohne Ersatz von selbst aus. Es kann für uns nur von Bedeutung sein, ob wir einen verlorengegangenen oder unbrauchbar gewordenen ganzen Muskel oder ein großes Stück von ihm durch freie Muskeltransplantation vollwertig ersetzen können. Die Fälle von *Helferich*, *Goebell* und *Eden* geben Beispiele für die praktische Seite der Frage.

Dafür kann es nun keineswegs genügen, wenn am Rande einige Zellkomplexe in dünner Schicht zeitweilig lebensfähig erhalten bleiben und neue Muskelfasern bilden, der größere innere Kern aber zugrunde geht.

Wir müssen anerkennen, daß die vollkommen freie Verpflanzung von Muskelgewebe ohne sogleich zu erwähnende unterstützende Maßnahmen praktisch wertlos ist, da der Hauptteil des Transplantates mangels genügender Ernährung weder überlebend bleibt noch in ausreichender Weise regeneriert wird.

#### b) Nervenversorgung. Funktionsreiz.

Man hat die Erfolglosigkeit der freien Muskeltransplantation darauf zurückgeführt, daß die für den Muskel wichtige Nervenzuleitung unterbrochen wird und damit auch die Kontraktion und Funktion des Muskels aufhört. Daß diesem eine Bedeutung beigemessen werden muß, ist nicht von der Hand zu weisen.

Schon *Ribbert* hat darauf hingewiesen. *Roux* betont, daß

erfolgreiche Transplantation derjenigen Gewebe, welche ein funktionelles Reizleben führen, wie Muskeln, Drüsen, Gefäße, Nervenfasern, nur möglich ist, wenn nicht nur für rasche Herstellung der Ernährung, sondern auch für raschen Anschluß an die funktionellen Reize gesorgt wird. Nur wenn dies gelingt, bevor das Transplantat durch temporären Nahrungs- und Reizmangel zu sehr gelitten hat, um sich nach dem Anschluß an die Ernährung und Reize wieder erholen zu können, kann die Verpflanzung erfolgreich sein. *Marchand* und viele andere Autoren haben sich dieser Ansicht angeschlossen, und wir finden sie bei zahlreichen Transplantationserfahrungen neuerer Zeit wieder bestätigt.

Es ist auch nicht verständlich, warum die neugebildeten Muskelfasern nach Wochen und Monaten wieder zugrundegehen sollten, da inzwischen für ihre ausreichende Ernährung gesorgt ist, wenn nicht mangelnder Funktionsreiz und fehlender Nervenanschluß ihre Rückbildung und Auflösung erklären könnten.

*Jores* und *A. Schmid* haben nun unter Berücksichtigung dieser Erkenntnis den fehlenden Funktionsreiz durch Faradisierung des Transplantates zu ersetzen gedacht. Sie wollten in den Anfangsstadien, bevor neue Vaskularisation eingetreten ist, durch die Funktion verbesserten Stoffwechsel bewirken und später dadurch Erhaltenbleiben der Muskulatur und ihre Regeneration günstig beeinflussen.

*Jores* glaubte günstigen Einfluß durch den elektrischen Reiz in seinen Versuchen feststellen zu können, wenn er auch den schließlichen Untergang des Transplantates nicht aufhalten konnte. Seine Erwartungen haben sich nach einwandfreien Untersuchungen von *Wrede*, *Kroh* und *Landois* nicht bestätigt, und auch das Ergebnis in meinem Falle spricht dagegen. Der Reiz mit dem elektrischen Strom kann das Zugrundegehen des frei transplantierten Muskels nicht verhindern; nach *Landois* wirkt er auch für die Neubildung junger Fasern nicht begünstigend. Es erscheint ferner zweifelhaft, ob durch den elektrischen Strom die Fasern des Transplantates zur Kontraktion gebracht werden können.

Eine Begünstigung des Stoffwechsels müßte in ähnlicher Weise durch aktive und passive Bewegungsversuche zu erreichen sein. In meinen Versuchen hatte ich damit keinen Erfolg.

Jedenfalls hat sich gezeigt, daß wir künstlich durch von außen kommende Reize den fehlenden Funktionsreiz nicht ersetzen können. Es bleibt mithin nur übrig, ihn durch Erhaltung oder schnelle Wiederherstellung der Nervenleitung zu vermitteln. Neben der Übermittlung der Funktion hat die Nervenleitung weitere wichtige Aufgaben im Muskelgewebe zu erfüllen.

*Hildebrand* hat als erster auf die Bedeutung des Nerven für die Erhaltung des Muskels hingewiesen. Zwar hatten seine Versuche und die seiner Schüler *Wanner* und *A. Hildebrandt* gezeigt, daß es nicht gelingt, einen Muskel nur unter Erhaltung seines Nerven ohne jedes Gefäß zu transplantieren und funktionsfähig zu erhalten. Wenn man aber den Muskelabschnitt mit seinem Nerven sowie den diesen versorgenden Gefäßen in Zusammenhang läßt, so ist es nach *Hildebrand* möglich, ihn im Körper wieder einzuheilen und funktionsfähig zu erhalten. Allerdings geht der größte Teil seiner Fasern zugrunde, doch bleibt die Regenerationsfähigkeit in vollkommenem Sinne erhalten. *Hildebrand*

schließt hieraus, der Nerv spiele die Hauptrolle bei der Erhaltung und Lebensfähigkeit der Muskulatur.

Eine freie Muskeltransplantation in strengem Sinne stellt die Übertragung des Muskels mit seinem Nerven nicht dar. Aber es erscheint doch vom praktischen Gesichtspunkte aus betrachtet zulässig, sie dazu zu rechnen.

Die Untersuchungen von Wrede und Landois bestätigen die Erfahrung Hildebrands, daß die Erhaltung der Nervenbrücke nicht genügt, das Transplantat lebensfähig zu erhalten. Wrede sah stets Nekrosen und schließlich bindegewebige Entartung eintreten. Auch in den Versuchen von Landois wurde das verpflanzte Muskelstück mit erhaltener Nervenbrücke schließlich bindegewebig ersetzt, wenn es auch anfangs unter dem beständig zuffießenden Nervenreiz zu deutlicher Neubildung junger Muskelelemente kam, im Gegensatz zu jenen Präparaten, bei denen jeglicher Nervenreiz in Fortfall gekommen war.

So wichtig die Rolle des Nerven in trophischer und funktioneller Beziehung auch sein mag, so spielt er doch bei der Erhaltung und Regeneration des Muskelgewebes nicht die allein ausschlaggebende Rolle. Diese Tatsache kann unter Berücksichtigung der uns bekannten wechselseitigen Beziehungen von Muskel und Nerv nicht überraschen. Versuche von Neumann und Kirby haben gezeigt, daß ein entnervter Muskel neues Muskelgewebe in gleicher Weise hervorzubringen vermag wie ein gesunder Muskel, und daß ein Muskel ohne Nerven wochenlang ohne Degenerationserscheinungen bleiben kann. Wir wissen ferner aus Erfahrungen über Nervennähte, besonders aus den Versuchen zur Behandlung der peripheren Fazialislähmung, daß bei Verlust des zugehörigen Nerven die Muskulatur jahrelang erhalten bleibt und sich wieder erholen kann.

Wenn so die Erhaltung des Hauptnerven, welcher von vornherein die Verbindung mit dem Zentralorgan sichert, nicht genügt, das freie Muskeltransplantat lebensfähig zu bewahren, so muß um so mehr die praktische Brauchbarkeit der Muskeltransplantation mit Hilfe der Wiederherstellung der Nervenleitung durch die Nervennaht oder Nerveneinpflanzung, wie sie Goebell und Eden bei ihren Patienten ausführten, verneint werden. Monatelang würde hier der transplantierte Muskel ohne Nervenversorgung bleiben und längst nekrotisch geworden sein, bis die Regeneration der Nervenbahn erfolgen könnte. Wrede hatte dementsprechend im Experiment bei Anwendung der Nervennaht nur negative Resultate.

Aus dem gleichen Grunde kann auch die Neurotisation des Muskeltransplantates durch Einpflanzung eines Nervenstumpfes, wie sie Haberland ausführte, keine Erfolge zeitigen. Und ebenso ist die Hoffnung auf Neurotisation des verpflanzten Muskelstückes von einem gesunden Muskelabschnitt her, wie sie Erlacher ausspricht, aussichtslos. Möglich wäre, daß bei sehr kleinen Transplantaten, wie sie Erlacher verwandte, die neuentstandenen Muskelfasern am Rande durch hineinwuchernde Nervenfasern neurotisiert würden. Das scheint auch nach den Untersuchungen von Borst und Shinya der Fall zu sein. Bei Einpflanzung in periphere Nerven, also unter besonders günstigen Bedingungen, entstand neben der Muskelregeneration auch eine solche von Nervenfasern. Die neugebildeten Muskelfasern wurden von einem feinen Netz

von Nervenfäserchen umspinnen, die mit ihnen in Verbindung traten. Typische Nervenendplatten wurden nicht beobachtet. Die Muskelfasern gingen aber auch hier trotz des Nervenanschlusses wieder zugrunde. Für große Transplantate kommen solche Vorgänge nicht in Betracht.

Zur erfolgreichen Transplantation des Muskelgewebes ist neben der Erhaltung der Nervenbahnen auch eine ausreichende Ernährung notwendig. Wird eine dieser beiden Bedingungen nicht erfüllt, so verfällt das Transplantat der Degeneration und dem bindegewebigen Ersatz. Das besagt praktisch, daß eine freie Muskeltransplantation aussichtslos ist.

Wir können nach dem früher Ausgeführten genügende Ernährung nur unter Schonung der Gefäßversorgung, die notwendige Nervenimpulsleitung nur durch Erhaltung der Verbindung mit dem Zentralorgan erreichen. Die Versorgung durch einige kleine, den Hauptnerven begleitende Gefäße kann ein größeres Transplantat nicht lebens- und regenerationsfähig erhalten.

Die Verpflanzung eines Muskelabschnittes mit Hauptgefäßen und Hauptnerv kann eine freie Transplantation aber nicht mehr genannt werden. Und so ist auch die erfolgreiche Verpflanzung des *M. pectoralis* auf den gelähmten *Deltoides*, wie sie *Hildebrand* ausführte, zweifellos nicht der Gruppe der freien Transplantationen zuzurechnen.

### c) Bewertung der angeblichen Erfolge von Muskeltransplantationen.

Von den bisher vorliegenden Berichten über Erfolge der freien Muskeltransplantation, die meinen Ausführungen zu widersprechen scheinen, stützen sich die Untersuchungen von *Saltykow*, *Jores* und *Askanaazy* nur auf Erfahrungen mit kleinen Transplantaten. Auch bei ihnen ging schließlich das Muskelgewebe zugrunde, so daß die Erfolge dieser Autoren nur die teilweise Regenerationsfähigkeit des Transplantates beweisen.

Auch *Erlacher* verpflanzte nur kleine Muskelstücke. Die erste Gruppe seiner Versuche kann nicht der freien Transplantation zugerechnet werden, da eine Bindegewebsbrücke bestehen blieb und dadurch die Gefäßversorgung stattfinden konnte. Für die Versuchsserie, bei der völlig freie Muskelverpflanzung ausgeführt wurde, scheint es mir nicht sicher zu stehen, ob nicht die vorgefundenen neuen Fasern ebenso wie die eingewachsenen jungen Nerven zum großen Teil aus der Umgebung des Transplantates stammen. Beweisend für die praktische Verwertbarkeit der freien Muskeltransplantation sind die Versuchsergebnisse *Erlachers* nicht.

Die positiven Ergebnisse und Folgerungen *Glucks* sind schon eingehend von *Magnus* und *Volkman* widerlegt. *Gluck* hat seine Transplantate nicht einwandfrei mikroskopisch nachuntersucht, so daß aus seinen Versuchen gültige Folgerungen nicht gezogen werden konnten. Die angeblichen Erfolge der Hetero- und Homoplastik in *Glucks* und *Salvias* Experimenten müssen als unmöglich abgelehnt werden. Die Folgerungen derjenigen Autoren, die keine einwandfreien histologischen Untersuchungen anstellten, sind nicht beweisend (*Salvia*, *Vulpus*, *Deschin*), denn die Untersuchungen mit dem elektrischen Strom

allein auf Lebensfähigkeit des Transplantates sind unzulänglich. Es ist unmöglich, ein kleineres Muskelstück isoliert durch den elektrischen Reiz zur Kontraktion zu bringen. Stets müssen Stromschleifen auf anliegende Muskelteile übergehen, diese zur Zuckung veranlassen und Täuschungen hervorrufen. Häberlands Versuche geben dafür einwandfreie Beispiele. Die Erfolge Helferichs und Goebells am Menschen konnten histologisch nicht nachuntersucht werden. In beiden Fällen kann das transplantierte Muskelgewebe bindegewebig ersetzt worden sein und nur als Defektersatz bzw. wie eine Sehnenverlängerung gewirkt haben. Beide Operateure haben diese Möglichkeit zugegeben. Mein vorher beschriebener, histologisch nachuntersuchter Fall scheint mir beweisend für die Richtigkeit dieser Auffassung zu sein.

So ist bisher kein beweisender erfolgreicher Fall der freien Muskelverpflanzung bekannt geworden, weder im Experiment, noch am Menschen. Und ein Erfolg ist nach unseren Erfahrungen auch nicht zu erwarten.

### Kapitel 3.

## Die freie Muskeltransplantation zum Zwecke des Defektersatzes und der Blutstillung.

Die freie Muskelverpflanzung hat ferner Anwendung gefunden in Fällen, bei denen es auf Erhaltung oder Wiederherstellung der Muskelfasern nicht ankam und wo das Transplantat lediglich entweder als Bau- und Gerüstsubstanz zur Ausfüllung und Deckung von Defekten oder zur Blutstillung dienen sollte. Bei den Patienten Helferichs und Goebells konnte ein Muskeldefekt durch Einlagerung bzw. Zwischenschaltung mit frei verpflanztem Muskelgewebe mit Erfolg ersetzt werden.

Wir können uns aber trotzdem der Ansicht Goebells und Häberlands nicht anschließen, daß sich das Muskeltransplantat für derartige Fälle besonders eignet. Ein Gewebe, welches hohe Ansprüche an die Ernährung stellt, welches unter Bildung von Toxinen teilweiser Nekrose anheimfällt und endlich bindegewebig ersetzt wird, scheint uns für solchen Zweck wenig geeignet. In meinem Falle erwies sich die entstehende Bindegewebsschwiele als schädlich und bewirkte Wiedereintritt der Kontraktur.

Wir können derartige Defekte im Muskel weit besser und sicherer durch Faszi- oder Kutisbrücken ersetzen, die erstens festere Verankerung zulassen und durch ihre Zugfestigkeit frühere Bewegungsübungen ermöglichen, zweitens aber auch, worauf schon Wrede hingewiesen hat, keinen in so hohem Grade günstigen Nährboden für Bakterien abgeben. Das Muskeltransplantat muß ferner stets einem gesunden Muskel entnommen und dieser dadurch wenigstens zeitweilig geschädigt werden; ähnliche Schädigungen treten bei Verwendung bindegewebiger Brücken nicht ein. Der Beweis der Anschauung Goebells, daß das zugrundehende Muskeltransplantat Anlaß zu einer starken Regeneration des übrigen Muskelgewebes gibt, ist vorerst nicht erbracht und nach dem Befund in meinem Fall unwahrscheinlich. Es erscheint auch nicht wahr-

scheinlich, daß die nach Nekrose des Transplantates entstandene Bindegewebsschwiele besonders günstig für die Regeneration sein sollte. Der gute funktionelle Erfolg bei G o e b e l l s Patienten ist doch wohl auf die unter der Bewegung erfolgte fortschreitende Regeneration in der ischämischen Muskulatur zurückzuführen.

L ä w e n konnte in zwei Fällen perforierende Verletzungen des linken Ventrikels durch frei transplantierte Muskelstücke aus dem M. pectoralis major zum Verschuß bringen und feste Verbindung des Transplantates mit dem brüchigen Herzmuskel erreichen. Einmal konnte er eine Leberschußwunde mit Stücken aus dem Rectus abdominis schließen und die Blutung stillen. Ebenso zeigte sich in Tierversuchen von L ä w e n und J u r a s z die Brauchbarkeit des freien Muskellappens zur Blutstillung bei Herz-, Leber- und Nierenwunden.

H o r s l e y, K o c h e r, U n g e r, F r a n k e, K ü t t n e r, M i n t z u. a. haben mit Erfolg Muskelstücke zur Blutstillung bei Blutungen, zumeist am Gehirn, verwendet. Durch sogenannte lebende Tamponade und Entwicklung von Thrombokinase (K o c h e r) soll die Blutstillung erreicht werden.

R o b s o n resezierte bei 2 Patienten wegen maligner Rippentumoren große Stücke aus dem Perikard und ersetzte den Defekt durch Muskelappen.

N a v r a t i l suchte im Experiment die Nahtstelle nach Resektion des Ösophagus durch umgebende Muskelstreifen zu sichern.

R u b a s c h o w empfahl die Verwendung von Muskelscheiben als hämostatische Tampons bei Nephrotomie auf Grund von Experimenten bei der Hundeniere.

O h k o h c h i verpflanzte an Tieren freie Muskelstücke auf Gefäß-, Leber-, Milz- und Nierenwunden. Er kommt zu dem Schluß, daß die Muskeltransplantation auf Gefäßwunden nur angewendet werden soll, wenn die Blutung sich auf keine andere Weise stillen läßt, weil in der Nekrose des Transplantates eine große Gefahr für eine spätere Embolie oder Nachblutung liegt. Blutungen aus frischen Leberwunden ließen sich durch auto-, homo- und heteroplastische Muskelverpflanzung stillen. Selbst bei der Autoplastik traten in hohem Prozentsatz Nekrosen, begünstigt durch Gallenaustritt, ferner Hämatombildung unter dem Transplantat auf. Netz-, Magen-, Darmverwachsungen, auch Schädigungen im Leberparenchym waren die Folgen. Bei Verpflanzung von Muskelstücken in Nierengewebe heilten diese, abgesehen von einem Fall von Nachblutung, stets ein und wurden ohne Nekrose bindegewebig ersetzt oder in Fettgewebe umgewandelt. In der Nachbarschaft des Transplantates dauerten aber Entzündungserscheinungen an, so daß noch nach einem Monat trübe Schwellung der Nierenepithelien zu erkennen war. O h k o h c h i glaubt, daß diese Schädigungen durch Giftwirkung des zugrundegehenden Muskelgewebes verursacht sein können. Jedenfalls waren sie ausgesprochener als in gleichen Versuchen, bei denen Fett- oder Fasziengewebe verwandt worden war. Ähnliche Versuche stellte P h i l i p o w i c z an. Der Muskel haftete weniger gut als Netz, verklebte bei Blutungen der parenchymatösen Organe aber nach längerem Andrücken stets fest und stillte die Blutung.

Die Erfahrung, daß die Blutstillung an Leberwunden durch einen aufgelegten Muskellappen keine vollkommene Sicherheit gewährt, mußte

ich in einem Falle machen. Bei einer Patientin fanden sich bei einer Laparotomie zahlreiche verstreute Karzinometastasen der Leber. Eine davon wurde zur mikroskopischen Untersuchung herausgeschnitten. Wegen der Brüchigkeit des Lebergewebes war die Blutstillung an der etwa 4 cm großen Wunde durch Naht nicht möglich, und es wurde daher ein dem Rektus entnommenes Muskelstück aufgelegt und etwa 2—3 Minuten lang aufgedrückt. Das Transplantat verklebte, wie es schien, fest und die Blutung stand. Weitere Sicherung durch Naht wurde nicht ausgeführt, da alle auf verschiedene Weise angelegten Nähte durchschnitten, und die Bauchwunde durch Naht wieder geschlossen. Nach 36 Stunden kam die Patientin ad exitum. Bei der Sektion fanden sich etwa 250 ccm frischen Blutes in der Bauchhöhle, das zweifellos aus der Leberwunde stammte. Der „lebende Tampon“ war vollständig gelöst.

U y a m a und L a w r o w a stellten Versuche an über das Verhalten freier Muskellappen in aseptischen Knochenhöhlen und ihre Wirkung hinsichtlich Blutstillung und Regeneration im Knochen, nachdem schon vor ihnen ähnliche Überpflanzungen zur Blutstillung an operativ durchtrennten Knochen mit Erfolg von V a u g h a n ausgeführt waren. Sie schließen übereinstimmend, daß das verpflanzte Muskelgewebe durch Bindegewebe und später durch regenerierten Knochen ersetzt wird. Die Regeneration ging von Knochenmark und Periost aus. Das Muskelgewebe eignete sich gut zur Plombierung der aseptischen Knochendefekte und zur Blutstillung in den Höhlen. Ob es dem vielfach verwandten Fettgewebe gleichzustellen ist, läßt sich mit Sicherheit aus den vorliegenden Versuchen nicht folgern. Die Ansichten beider Autoren über die Rolle des Transplantates bei Regeneration der Knochen weichen voneinander ab.

Die Ausfüllung von infizierten Knochenhöhlen, z. B. solchen, die nach Operation der eitrigen Osteomyelitis zurückbleiben, mit frei transplantiertem Muskelgewebe, wie sie von L a w i t z k i und P o t h e r a t (siehe L a w r o w a) ausgeführt wurde, erscheint mir aussichtslos und keiner weiteren Versuche wert.

O p o c h i n bestätigt, daß das Muskelgewebe eine biochemische, blutstillende Wirkung besitzt und nächst dem Lungengewebe am reichlichsten Thrombokinasen ausscheidet.

Wir können uns den Empfehlungen der freien Muskeltransplantation dieser Autoren in allen Fällen ebenfalls wegen der hohen Infektionsgefahr im nekrotisch werdenden Muskelgewebe und der schlechten Einheilungsbedingungen der Muskellappen nicht anschließen. Gerade bei Herzwunden ist die Fernhaltung der Infektion mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Sie blieb auch in beiden Fällen L ä w e n s nicht aus. Die freie Transplantation zur Blutstillung bei Aneurysmaoperationen zu verwenden, wie es K ü t t n e r ausführte, erscheint uns zu unsicher, da es gerade hier auf gute, sichere Gefäßversorgung ankommt.

Es hat sich in der Diskussion zum L ä w e n s c h e n Vortrag gezeigt, daß andere organische Gewebe, z. B. die Faszie, ebenfalls blutstillende Wirkung haben und in gleicher Weise wie das Muskelgewebe verwandt werden können (S p r e n g e l, H e n s c h e n, L. R e h n, v. E i s e l s b e r g, U n g e r). Untersuchungen von H i l s e ergaben, daß in der blutstillenden Wirkung der Gewebssäfte von Fettgewebe, Faszie, Netz- und Muskulatur kein nennenswerter Unterschied besteht (vgl. L e x e r, Fettgewebstransplantation, S. 273). P h i l i p o w i e z nimmt an, daß

die blutstillende und thrombusbildende Wirkung der Gewebe in Parallele zu stellen ist mit der des Serums und mit Vorgängen bei Resorption zerstörten Gewebes im Körper, bei denen aseptische Thrombosen entstehen. Nach Ohkohchi soll die blutstillende Wirkung aller Gewebe hauptsächlich mechanisch sein und die Thrombokinaseausscheidung im Hintergrund stehen. Das Muskelgewebe hat nach ihm die größte Fähigkeit zu verkleben und wäre deshalb vorzuziehen. Es hat aber nach seinen oben angeführten Ergebnissen eine Reihe schwerwiegender Nachteile.

Demnach ist dem Bindegewebe und dem ihm nahestehenden Fettgewebe wegen der weitaus größeren Anspruchslosigkeit in den Einheilungsbedingungen und wegen der viel geringeren Infektionsmöglichkeit bei annähernd gleicher Wirkung als blutstillendes Mittel und als Nahtsicherung stets der Vorzug zu geben und die Muskulatur nur zu verwenden, wenn sie schneller und leichter z. B. aus den Wundflächen der Operationswunde zu gewinnen ist als andere Gewebe.

### Literaturverzeichnis.

- Askana z y, Transplantierte quergestreifte Muskelsubstanz kann sich auf eigene Kosten regenerieren. Wiener med. Wochenschr. 1912. — Bergkammer, Beiträge zur Lehre von der Entzündung und Entartung der quergestreiften Muskelfasern. Diss. Straßburg 1884. — Borchardt, M., Zur Technik der Blutstillung an den Hirnblutleitern. Zentralbl. f. Chir. 1913, S. 1003. — Borst, Grafting of normal tissues as dependent on zoological or individual affinity; Autoplastik, Isoplastik, Heteroplastik. XVII. Internation. Kongreß f. Med., London 1913. (Siehe Shinya.) — Caminiti, Untersuchungen und Experimente über Muskelüberpflanzungen. Münch. med. Wochenschr. 1908, S. 1756. — Capurro, Über den Wert der Plastik mittels quergestreiften Muskelgewebes. Arch. f. klin. Chir. 1900, Bd. 61, S. 26. — Deschin, zitiert nach Vulpius. — Eden, Über freie Muskeltransplantation. Med.-Naturwissenschaftl. Gesellsch. zu Jena, Sekt. f. Heilk., Dez. 1917. Münch. med. Wochenschr. 1918, S. 467. — Eden, Die Verwendung der freien Muskeltransplantation nach Untersuchungen am Menschen. Archiv f. klin. Chir. 1919, Bd. 111. — v. Eiselsberg, Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongreß 1912, S. 51. — Enderlen, Transplantation. Deutsche med. Wochenschr. 1911, Nr. 49, S. 2265. — Erlacher, Experimentelle Untersuchungen über Plastik und Transplantation von Nerv und Muskel. Arch. f. klin. Chir. 1915, Bd. 106, S. 389. — Erlacher, Hyperneurotisation; muskuläre Neurotisation, freie Muskeltransplantation. Zentralbl. f. Chir. 1914, S. 625. — Franke, Zur Stillung der Blutung bei Sinusverletzungen. Zentralbl. f. Chir. 1917, S. 117. — Garré, Verhandl. d. Naturf. u. Ärzte, LXXVIII. Versamml., Stuttgart 1907, Teil I, S. 202. — Gersuny, Eine Operation bei motorischen Lähmungen. Wiener klin. Wochenschr. 1906, Nr. 10, S. 263. — Giesler, Über partielle Muskelüberpflanzung am Auge. Diss. Rostock 1910. — Gluck, R., Über Muskel- und Sehnenplastik. Arch. f. klin. Chir. 1881, Bd. 26, S. 61. — Gluck, R., Über Naht und plastischen Ersatz von Defekten höherer Gewebe. Deutsche med. Wochenschrift 1890, S. 461. — Gluck, R., Autoplastik, Transplantation, Implantation von Fremdkörpern. Berliner klin. Wochenschr. 1890, S. 421. — Goebell, Zur freien Muskeltransplantation. LXXXIV. Naturf.-Versamml., Münster 1912. Zentralblatt f. Chir. 1912, S. 1748. — Goebell, Zur Beseitigung der ischämischen Muskelkontraktur durch freie Muskeltransplantation. Deutsche Zeitschr. f. Chir. 1913, Bd. 122, S. 318. — Haberland, Über Muskeltransplantation und das Verhältnis des Muskels zum Nerven. In.-Diss. Leipzig 1913. — v. Hacker, Schultermuskellähmung mit Nervenplastik und Muskeltransplantation behandelt. Mitteil. des Vereins d. Ärzte in Steiermark 1910, Nr. 6. — Heidelberg, Zur Pathologie der quergestreiften Muskeln. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 1878, Bd. 8, S. 335. — Helferich, Über Muskeltransplantation beim Menschen. Arch. f.



klin. Chir. 1883, Bd. 28, S. 562. — Henschen, Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, S. 51. — Hildebrandt, A., Über eine neue Methode der Muskeltransplantation. Arch. f. klin. Chir. 1906, Bd. 78, S. 75. — Hildebrandt, A., Muskeltransplantation. Deutsche med. Wochenschr. 1905, Nr. 39, S. 1578. — Hilse, Experimentelle Untersuchungen über freie Fetttransplantation bei Blutungen parenchymatöser Bauchorgane. Arch. f. klin. Chir. 1914, Bd. 103, S. 1042. — Jianu, Beiträge zum Studium der Transplantation. Arch. f. klin. Chir. 1913, Bd. 102, S. 57. — Jores, Über den Einfluß funktionellen Reizes auf die Transplantation von Muskelgewebe. Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Pathol. 1909, S. 103. — Kirby, Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration des quergestreiften Muskelgewebes. Ziegler's Beitr. 1892, Bd. 11, S. 302. — Kocher, Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, S. 50. — Kraske, Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration der quergestreiften Muskeln. Habilitationsschr. Halle 1878. — Kroh, Experimentelle Untersuchungen über freie Muskeltransplantation. Festschr. d. Akad. f. prakt. Med. in Köln 1915, S. 198. Zentralbl. f. Chir. 1916, S. 52. — Küttner, Blutstillung durch lebende Tamponade mit Muskelstückchen bei Aneurysmaoperationen. Zentralbl. f. Chir. 1917, Nr. 20, S. 545. — Küttner u. Landois, Die Chirurgie der quergestreiften Muskulatur. Deutsche Chir. 1913, Liefg. 25 a I, Verlag Enke. — Läden, Freie Muskelplastiken bei Herz- und Lebernähten. Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, S. 47. — Läden u. Jurasz, Experimentelle Untersuchungen über die freie Übertragung von Muskelstücken aufs Herz und in einige andere Organe zum Zwecke der Blutstillung. Arch. f. klin. Chir. 1914, Bd. 104, S. 955. — Lawrowa, Die Veränderungen der Transplantate und Plomben in Knochenhöhlen. Beitr. z. klin. Chir. 1917, Bd. 104, S. 723. — Landois, Experimentelle Untersuchungen über die Verwendung von Muskelgewebe zur Deckung von Defekten in der Muskulatur. Habilitationsschr. Breslau 1913. — Lexer, E., Über freie Transplantationen. Chirurgenkongr. 1911, II, S. 393. — Magnus, Über Muskeltransplantation. Münch. med. Wochenschr. 1890, S. 515. — Marchand, Der Prozeß der Wundheilung mit Einschluß der Transplantation. Deutsche Chir., Stuttgart 1901. — Mintz, Zur Technik der Blutstillung an den Hirnblutleitern. Zentralbl. f. Chir. 1913, S. 681. — Motais, zitiert nach Giesler. — v. Mutach, Experimentelle Beiträge über das Verhalten quergestreifter Muskulatur nach myoplastischen Operationen. Arch. f. klin. Chir. 1910, Bd. 93, S. 42. — Navratil, Zitiert nach Läden. — Nélaton, Berliner klin. Wochenschr. 1909, Nr. 52, S. 2360. — Neumann, Über Heilungsprozesse nach Muskelverletzung. Arch. f. mikroskop. Anat. 1868, Bd. 4, S. 323. — Neumann, Über die von Zenker beschriebenen Veränderungen der willkürlichen Muskeln bei Typhusleichen. Arch. f. Heilk. 1868, Jahrg. 9, S. 364. — Neumann, Degeneration und Regeneration nach Nervendurchschneidungen. Arch. f. Heilk. 1868, Jahrg. 9, S. 193. — Okochi, Über die Blutstillung. Beitr. z. klin. Chir. 1914, Bd. 94, S. 620. — Opokin u. Schamoff, Zur Frage der blutstillenden Wirkung bei Leberverletzungen. Zentralbl. f. d. ges. Chir. u. ihre Grenzgeb. 1913, Bd. 2, S. 145. — Philipowicz, Über autoplastische Blutstillungsmethoden und aseptische Thrombose. Arch. f. klin. Chir. 1915, Bd. 106, S. 293. — Rehn, L., Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, S. 51. — Ribbert, Über Veränderungen transplantiertes Gewebe. Arch. f. Entwickl.-Mechan. 1898, Bd. 6, S. 131. — Ribbert, Über Transplantation von Ovarien, Hoden und Mamma. Arch. f. Entwickl.-Mechan. 1898, Bd. 7, S. 688. — Robson, A. W. Mayo, Über 2 Fälle von Resektion des Perikards und Ersatz des resezierten Stückes durch den M. pectoris. Brit. med. Journ. 1911, 1. VII. Münch. med. Wochenschr. 1912, S. 106. — Roux, Gesammelte Abhandlungen 1895, Bd. 1, S. 404. — Rojdestwensky, Étude expérimentale sur la transplantation des muscles striés dans le cerveau. Thèse Nr. 301, Genf 1910. — Rubaschow, Einige praktische Bemerkungen zur Technik der Nephrotomie und Nierenresektion. Zentralbl. f. Chir. 1913, S. 1708. — Rydygier, Über Transplantation der gestielten Muskellappen. Deutsche Zeitschr. f. Chir. 1898, Bd. 47, S. 314. — Saitykow, Über Transplantation zusammengesetzter Teile. Arch. f. Entwickl.-Mechan. 1900, Bd. 9, S. 329. — Saitykow, Disk. zum Vortrage Jores. — Salvia, Sul trapiantamento dei muscoli e sulla rigenerazione delle fibre muscolari. Gazzetta degli Ospedali, März 1885. (Zitiert nach Capurro.) — Schmid, Alwin, Hat der Funktionsreiz einen Einfluß auf das Wachstum des transplantierten Muskelgewebes? In.-Diss. Zürich 1909. — Shinya, Experimentalversuche über Muskeltransplantation mit Berücksichtigung der Innervation von neugebildeten Muskelfasern. Beitr. z. pathol. Anat. u. allg. Pathol. 1914, Bd. 59, S. 132. —

Sprengel, Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, S. 51. — Taylor, Tissue fragments and wound infections. Ann. of surg. 1916, Nr. 6 und Zentralbl. f. Chir. 1917, S. 721. — Unger, Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, S. 51. — Uyama, Die Plombierung von Knochenhöhlen durch Muskeltransplantation. v. Bruns' Beitr. 1917, Bd. 104, S. 707. — Vaughan, The arrest of hemorrhage from bone by plugging with soft tissues. Ann. of surg., März 1913 und Zentralbl. f. Chir. 1913, S. 936. — Volkmann, R., Über die Regeneration des quergestreiften Muskelgewebes beim Menschen und Säugetier. Ziegler's Beitr. 1893. — Vulpius, Die Behandlung der spinalen Kinderlähmung, Leipzig 1910, Georg Thieme. S. 55. — Wrede, Verhandl. d. Deutsch. Gesellsch. f. Chir., XLI. Kongr. 1912, I, S. 49. — Wrede, Disk. zu Goëbell. Zentralbl. f. Chir. 1912, S. 1748. — Ziegler, Lehrb. d. prakt. Anat. 1889, Bd. 1, 6. Aufl. — Zielonko, Über die Entwicklung und Proliferation von Epithelien und Endothelien. Arch. für mikroskop. Anat. 1874, Bd. 10, S. 373.

---